Wielmożnemu JmcPanu Prof. Dr. Karlińskiemu w dowód wysokiego poważania ofiaruje autor.

# O NOWSZYCH POGLĄDACH

# W TEORYI ŚWIATŁA.

ODCZYT

AUGUSTA WITKOWSKIEGO

na Walnem Zgromadzeniu Towarzystwa im. Kopernika dnia 19. lutego 1887.

 Odbitka z „Kosmosu“. 

LWÓW 1887.

Nakładem polskiego towarzystwa przyrodników imienia Kopernika.

Z I. Związkowéj drukarni we Lwowie.

Teorya światła była od dawna ulubionym i wdzięcznym przedmiotem badań, które — choć nieraz na hipotezach oparte, ogromnie wzbogaciły wiedzę fizyczną, rozszerzyły zakres filozofii przyrodniczéj i niespożyte oddały usługi astronomii, chemii, mineralogii, naukom biologicznym tudzież stósowanym. Tém się tłumaczy sympatya, jaką przedstawiciele różnych gałęzi wiedzy przyrodniczéj zawsze żywili dla badań teoretycznéj optyki.

Mając dziś mówić wobec zgromadzenia, złożonego z przedstawicieli wspomnianych nauk, sądziłem, że krótkie wiadomości o nowszych poglądach w teoryi światła stanowić będą przedmiot najstósowniejszy.

Wprawdzie w czasach dzisiejszych teorya światła mniéj bywa uprawianą, aniżeli przed kilku dziesiątkami lat, kiedy za przykładem Younga i Fresnela liczny zastęp badaczów pracował z gorączkowym niemal pośpiechem nad sprawdzeniem i zużytkowaniem odnowionéj wówczas teoryi falowéj; praca jednakowoż nad udoskonaleniem nauki o świetle nie ustała bynajmniéj, jakkolwiek cechy jéj poniekąd się zmieniły. Nader zajmującą i pouczającą jest ta epoka w dziejach teoryi, kiedy po przyśpieszonym rozwoju, wywołanym przez wynalezienie kilku płodnych zasad, nauka zwraca się ku swym podstawom, badając krytycznie ich ścisłość i bezpieczeństwo. W takiéj epoce znajduje się od niejakiego czasu teorya światła, dzięki usilnym, choć mało głośnym staraniom nielicznego grona badaczy. Zamierzając mówić dzisiaj o tych pracach, winienem wspomnieć, że zarówno trudności przedmiotu, jak inne względy nakazują mi ograniczyć

się tylko do niektórych ustępów, bardziéj znamiennych dla obecnego kierunku badań optycznych. Ograniczę sie przytém do zasad saméjże teoryi, pomijając zastósowania optyki, jakkolwiek one są liczne i ważne.

Drugi wiek dobiega obecnie od chwili, gdy Huygens powziął myśl dynamicznego wytłumaczenia zjawisk świetlanych, za pośrednictwem fal, przewodzonych przez materyę sprężystą, a wzbudzanych ruchem cząstek ciał świecących. Materya przewodząca fale świetlane, musi być sprężystą i bezwładną, t. zn. powinna oddziaływać na wszelkie odkształcenia, podobnie jak ciała sprężyste, a gęstość jéj powinna być skończoną. Jest to ta sama zasada, która tłumaczy przewodzenie fal głosowych w powietrzu. Jednakowoż światło przenika przestrzenie, które nazywamy pospolicie próżnemi, a przenika je z prędkością 300.000 kilometrów na sekundę. Tego nie zdoła spełnić żadne ze znanych powszechnie ciał sprężystych, w których prędkość fal dochodzi najwyżéj do kilku kilometrów na sekundę. Potrzeba tedy przypuścić, że przestrzeń zapełnioną jest ciałem niedostępnem bezpośrednio dla naszych zmysłów i mającem tak małą gęstość, że ruch fal może się w niem odbywać z ową olbrzymią prędkością. Mała gęstość przewodnika jest bowiem warunkiem szybkiego przenoszenia się fal; wszelkie zwiększenie gęstości powiększa masę, którą fale poruszają i zwalnia ich bieg — chyba, że ze zwiększeniem gęstości idzie w parze zwiększenie sił sprężystych. Przewodnik światła musi zatem być materyą niezmiernie subtelną. Jest to zasadniczém przypuszczeniem w teoryi światła, że istnieje t. zw. eter powszechny; na przypuszczenie to wszyscy się godzą i graniczy ono dziś niemal z pewnością.

Przypatrzmy się w istocie rozmaitym objawom sił na ziemi; widzimy tu ogromne zapasy energii, których wspólném i niemal wyłączném źródłem jest, jak wiadomo, słońce. Każda cząstka energii fizycznéj, któréj przemiany sprawiają na ziemi ruch i życie, istniała przedtém w przestrzeni, pomiędzy słońcem a ziemią, pod postacią energii promienistéj — krótko mówiąc, pod postacią światła. Czyżby to przenoszenie energii miało się odbywać w bezwzględnéj próżni? Tego żadną miarą przypuścić nie możemy; ruch wychodzi ze słońca i ruch przybywa do ziemi, a pośredniczy w tém eter powszechny. Takiemi uwagami wiedziony, zdołał Thomson wyznaczyć niższą granicę możebnéj

gęstości eteru. Ilość energii promienistéj, którą nam słońce dostarcza, możemy bowiem wymierzyć, zbierając promienie słoneczne we właściwym przyrządzie kalorymetrycznym, w t. zw. pyrheliometrze, który je niemal całkowicie pochłania i zatrzymuje pod postacią ciepła. Możemy tedy bez trudności obliczyć ilość energii zawartéj n. p. w sześciennym kilometrze światła słonecznego, t. zn. w takiéjże objętości eteru oświetlonego, w pobliżu ziemi.

Na zasadzie tego pomiaru obliczył Thomson, stósując teoryę falową, że masa eteru zapełniającego kilometr sześcienny, nie jest zapewne mniejszą aniżeli $\frac{1}{10.000}$ miligrama. Widać z tego, że gęstość eteru jest niesłychanie małą, lecz bynajmniéj nie jest ona niepojętnie małą. Eter nazywają często ciałem nieważkiem; wprawdzie gęstość a ciężar są to rzeczy różne, jednakowoż ani teorya, ani doświadczenie nie usprawiedliwiają takiej nazwy.

Szczęśliwy pomysł Huygensa z r. 1690. pozostał przez sto lat odosobnioną i nieuwzględnioną próbą wyjaśnienia zjawisk światła, pomimo, że od razu okazał się użytecznym, prowadząc do wykrycia zawiłych geometrycznych stosunków przy podwójném załamaniu światła w krysztale islandzkim. Dopiero w pierwszym roku bieżącego stulecia odradza się falowa teorya światła w pracach angielskiego lekarza Tomasza Younga, który, obok innych cennych nabytków, wzbogacił ją odkryciem zasady interferencyi. W kilkanaście lat potém, inżynier francuski August Fresnel, zjednywa jéj powszechne uznanie szeregiem sławnych, matematycznych i doświadczalnych prac. Zjawiska dyfrakcyi, czyli uginania się światła, były ważnym argumentem na korzyść nowéj teoryi; wyjaśniały się one z przekonywającą prostotą na podstawie interferencyi promieni światła, t. j. na podstawie oczywistéj prawdy, że dwa szeregi fal, przesunięte względem siebie o połowę długości fali, muszą się wzajemnie osłabiać, a nawet mogą się w niektórych miejscach zniszczyć, tworząc t. zw. prążki dyfrakcyjne.

Badania czasów bliższych nam sprostowały we wielu względach teoryą Fresnela i rzuciły jaśniejsze światło na klasyczne doświadczenia, któremi on i jego następcy zapatrywania swe popierali; między zasłużonymi należy wymienić Stokesa, Voigta,

Webera, Kirchhoffa i innych. Myśl główna, wskazana przez Younga i Fresnela pozostała jednak niezmienioną.

Obaczmy jakie wnioski wynikają ze zjawisk dyfrakcyjnych dla teoryi światła. Zjawiska te dowodzą niezbicie, że promień światła nie jest utworem jednolitym, lecz że można go zawsze podzielić podłużnie, na równe a bardzo krótkie odcinki, z których każde dwa, obok siebie leżące, są w pewném przeciwieństwie względem siebie. Dwa przeciwieństwa tego rodzaju, spotykające się w jedném i tém samém miejscu, sprawiają osłabienie lub nawét wygaszenie światła.

Doświadczenia dyfrakcyjne, a zwłaszcza metoda siatek dyfrakcyjnych, składających się z wielu tysięcy cienkich rys, nakreślonych na szkle lub metalu, których technika rozwinęła się ogromnie w ostatnich latach, dozwalają nam wymierzyć dokładnie długość owych odcinków na promieniu światła. Odcinki te, z których każde dwa, leżące obok siebie, stanowią t. zw. falę światła, mają długości tak drobne, że dobrze jest mieć osobną miarę do wymierzania ich. Milimetr jest zbyt wielką odległością w porównaniu z długością fali świetlanej; podzieliwszy milimetr na milion części, otrzymamy malutką miarę, zwaną mikro-milimetrem, która coraz więcéj się rozpowszechnia w teoryi światła i w molekularnéj fizyce. Dokładne pomiary, wielokrotnie powtarzane i sprawdzane, okazały, że w granicach promieniowania widzialnego, t. zn. dla światła, długości fal eterowych wynoszą od 760 mikro-milim. w świetle czerwoném, do 390 we fiołkowém.

Wyobraźmy sobie szereg fal, n. p. na wodzie stojącéj, które posuwają się naprzód z pewną prędkością. Kawałek drzewa rzucony na wodę nie bierze udziału w tym ruchu, lecz kiedy fala przezeń przechodzi, podnosi się on do góry i spada na dół, czyli odbywa jedno drganie. Ile fal przechodzi około niego w przeciągu sekundy, tyleż drgań wykonywa on w tymże czasie. Fale świetlane również posuwają się naprzód, wzdłuż promienia, z prędkością która wynosi w próżni 300.000 kilom. na sek., jak to naprzód Römer wyznaczył ze zaćmień księżyców jowiszowych. Uwzględniwszy przytoczoną wyżéj długość fal, uzyskaną z doświadczeń dyfrakcyjnych, przekonamy się, że przez każdą cząstkę eteru na promieniu światła, przebiega w ciągu sekundy od 400 do 800 bilionów fal — zależnie od barwy światła. W ka-

żdym punkcie, leżącym na promieniu, odbywają się tedy szybkie zmiany, których częstość dochodzi do kilkuset bilionów na sekundę.

Na czém polegają jednak te zmiany, tudzież owe przeciwieństwa w obu połowach każdéj fali świetlanéj? Potrzeba przyznać, że doświadczenie nie dało dotąd na to pytanie bezpośredniéj odpowiedzi, jakkolwiek istnienie tych zmian i przeciwieństw jest faktem niezbicie dowiedzionym drogą doświadczalną. Istnieją téż w téj mierze dwa oddzielne zdania, odpowiadające dwu różnym kierunkom, w których obecnie teorya falowa się rozwija; możemy je nazwać teoryą sprężystą i teoryą elektro-magnetyczną. Przeważna większość fizyków skłania się ku pierwszéj, dawniejszéj, przypuszczając, że istotę światła stanowi ruch eteru sprężystego — że owe przeciwieństwa na promieniu świetlanym polegają na przeciwnych prędkościach ruchu. Druga z wymienionych teoryi powstała przed dwudziestu laty. Clerk Maxwell rozwijając zasady elektro-dynamiki dostrzegł, że wstrząśnienia elektro-magnetyczne bywają przewodzone w izolatorach według tych samych praw, które znano od dawna dla światła. Analogia taka nie byłaby sama przez się wystarczającą do utworzenia nowego poglądu na istotę światła; jednakowoż teorya wykazała zarazem szereg związków pomiędzy optycznemi i elektrycznemi własnościami ciał, które doświadczenie w ogólności potwierdziło. Według zapatrywań Maxwella polegają przeciwieństwa w obu połowach fali świetlanéj, na przeciwnych ruchach elektrycznych i na nieodłącznych od wszelkiego ruchu elektryczności zmianach magnetycznych. Owe ruchy czyli przemieszczenia elektryczne, podobne są w swych działaniach do prądów elektrycznych przemiennych i odbywają się, podobnie jak towarzyszące im magnetyczne drgania, w kierunku prostopadłym do promienia świetlanego. Zarzucano teoryi Maxwella, że usiłuje tłumaczyć jedno zjawisko nieznane, drugiém, którego istota jest niezawodnie jeszcze bardziéj tajemniczą. Jednakowoż, co mamy rozumieć pod wytłumaczeniem zjawisk fizycznych? — jest to pytanie, na które różne dawano odpowiedzi. Dzisiaj panuje powszechne przekonanie; że tylko takie tłumaczenia mogą umysł nasz zadowolić, które sprowadzają zjawiska zawilsze do zjawisk dynamicznych, czyli — według trafnego wyrażenia Thomsona — które zdołamy uzmysłowić zapomocą

mechanicznego modelu. W obec tego, nie dziw, że większość przyrodników pozostała przy dawnéj, sprężystéj teoryi światła, chociaż nie da się zaprzeczyć że dalsze rozwinięcie teoryi elektro-magnetycznéj przynieść może niemałe korzyści zarówno teoryi światła jak elektryczności. Na podstawie tego bowiem, co obecnie wiemy o téj teoryi, należy przypuszczać, że pozostanie ona teoryą przejściową i ostatecznie zejdzie się z teoryą sprężystą, przyczyniając się prawdopodobnie do wyjaśnienia istoty zjawisk elektrycznych.

Z epoki odrodzenia teoryi falowéj światła, w ręku Younga i Fresnela, wypada mi wspomnieć o pewném doświadczeniu, zrobioném przez Fresnela i Arago, które przez pewien czas niemal zachwiało wiarę w prawdziwość nowéj teoryi. W epoce owéj, pełnéj doniosłych doświadczeń optycznych, odkrył Malus polaryzacyę światła przy odbiciu od powierzchni ciał szklistych. Fresnel przekonał się niebawem, że ta nowa własność światła jest w ścisłym związku z polaryzacyą towarzyszącą podwójnemu załamaniu w kryształach i nie omieszkał powtórzyć swych doświadczeń dyfrakcyjnych, przy użyciu światła spolaryzowanego. Doświadczenia te, wykonane wspólnie z akademikiem Arago, wykazały, że dwa promienie spolaryzowane, których płaszczyzny polaryzacyjne są do siebie prostopadłe, nie dają prążków interferencyjnych. Wynika z tego wniosek, że drgania eteru stanowiące światło, odbywać się muszą w kierunkach prostopadłych do promienia. Do tegoż samego wniosku — jak wyżéj nadmieniłem — przyszła odmienną drogą, także elektro-magnetyczna teorya. Doświadczenie Fresnela i Arago nadało teoryi falowéj światła zupełnie nowy kierunek. Głos i światło polegają na przewodzeniu fal; gdy jednakowoż fale głosowe w powietrzu są falami podłużnemi i sprawiają naprzemian zagęszczenie i rozrzedzenie cząstek przewodnika — fale świetlane w eterze są poprzeczne, nie sprawiają nigdzie zmian gęstości i poruszają się pod wpływem sił sprężystych, wywołanych w eterze przez zmianę postaci cząstek jego, czyli przez t. zw. skręcenie. Wniosek ten zmusza nas do przyznania eterowi pewnego stopnia sztywności, czyli tęgości, którą to własność przywykliśmy widzieć tylko u ciał stałych, a któréj płyny są zupełnie pozbawione.

Czyż możemy przypuścić, że ów subtelny przewodnik światła, w którego wnętrzu poruszają się swobodnie gwiazdy i

płanety, jest ciałem stałém? Trudność tę dostrzegł już Arago, wahając się przyjąć wniosek, którego się koniecznie domagały jego własne doświadczenia. Wszelako sprzeczność ta jest rzeczywiście mniejszą, aniżeli się zdaje. Zwyczajny podział ciał na stałe i płynne jest bowiem książkowym i nie zawsze daje się zastósować do rzeczywistości Często spotyka się ciała, które, niewiadomo czy zaliczyć do ciał stałych czy do płynów. Stokes, Kirchhoff i Thomson objaśniają zgodnie własności eteru tą uwagą, że ciało, które pod wpływem długo i trwale działających sił, zachowuje się podobnie jak płyny, wobec impulsów krótkich i zmiennych może mieć własności ciała stałego. Jako przykład objaśniający przytacza Thomson pewien rodzaj smoły szewskiéj, która mimo podobieństwa do ciała stałego, rozpływa się nawet pod działaniem własnego ciężaru — po upływie dostatecznie długiego czasu; z tego samego ciała można jednakowoż zrobić widełki akustyczne, które wobec szybkich drgań głosowych byłyby dostatecznie sprężystemi i wydawałyby dźwięk. Jeżeli pomyślimy, że częstość drgań eteru wynosi w granicach promieniowania widzialnego od 400 do 800 bilionów na sekundę, natenczas zrozumiemy, że owa trudność teoryi falowéj jest pozorną. Nie możemy nazywać eteru ciałem stałém, lecz musimy przyjąć jako fakt, że wobec impulsów optycznych eter zachowuje się na podobieństwo ciał stałych, sprężystych i niezgęszczalnych.

Na podstawie zasad wskazanych przez Fresnela usiłowali najznakomitsi matematycy ostatnich dziesiątków lat zbudować matematyczną teoryę światła, któraby zdawała sprawę ze zjawisk dawniéj znanych, tudzież z licznego szeregu zjawisk nowych, które w tym czasie odkryto, idąc śladem wskazanym przez teoryę falową. Wspomnę tu nazwiska Cauchyego, Greena, Mac Cullagha i Neumana. Wspólném hasłem tych teoryi a zwłaszcza ostatnich trzech, była hipoteza ciała stałego. Wszelka teorya światła powinna przedewszystkiém rozwiązać dwa zadania: wyjaśnić ruch fal świetlanych we wnętrzu jednolitego przewodnika, tudzież zdać sprawę ze zjawisk które się pojawiają na granicy dwu przewodników, a zatém ze zjawisk załamania światła, odbicia i polaryzacyi.

Wiadomo, że światło rozchodzi się we wnętrzu różnych ciał przeźroczystych z rozmaitą prędkością. Różnice te są, jak to jeszcze Huygens okazał, przyczyną załamania i odbicia światła.

Zachodzi tedy przedewszystkiém pytanie, dlaczego prędkość światła we wodzie, albo w szkle, albo w powietrzu jest mniejszą, aniżeli w przestrzeni niezapełnionéj zwyczajną materyą t. j. w eterze czystym, swobodnym. Jest to rzeczą jasną że właściwym przewodnikiem światła w szkle, albo we wodzie nie jest szkło lub woda, lecz eter przenikający te ciała; wynika to, jak już nadmieniłem na wstępie, z ogromnéj prędkości światła, która wymaga przewodnika mającego nader małą gęstość. Im większą jest ta gęstość, tém mniejszą jest prędkość fal; ale stopień sprężystości ma równie ważny wpływ. Im większą jest sprężystość, tém większą musi być prędkość fal. Teorye odbicia i załamania światła spotykają się tedy z następującą alternatywą: mniejsza prędkość fal w ciałach przeźroczystych, może być skutkiem większéj gęstości eteru w tych ciałach, albo też może ona być skutkiem tego, że eter w ciałach jest mniéj sprężysty, aniżeli w tak zwanéj próżni. Jedno i drugie przypuszczenie miało swych obrońców; pierwsze stanowi składową część teoryi Fresnela, drugie teoryi Mac Cullagha i Neumanna. Potrzeba przyznać, że teorye te, wrzekomo na dynamicznych podstawach oparte, pozostawiały pod względem ścisłości wiele do życzenia, jakkolwiek ostateczne ich rezultaty zgadzają się z doświadczeniem.

Ścisła rewizya tych teoryi, wykonana przed kilkunastu laty przez Lorda Rayleigha wykazała, że hipoteza ciała stałego, zastósowana do ciał przeźroczystych, nie tłumaczy w sposób zadowalniający zjawisk odbicia tudzież pojedynczego i podwójnego załamania światła. Nie mogę tu pominąć jednéj z najciekawszych kwestyi optycznych, które ostatniemi czasy roztrząsano, a która stoi w bezpośrednim związku ze wspomnianą alternatywą. Promień światła odbity pod pewnym kątem od powierzchni jakiego ciała przeźroczystego daje, jak wyżéj nadmieniono, światło spolaryzowane, to jest takie, w którem kierunki drgań różnych cząstek eteru, są niejako uporządkowane, a mianowicie są równoległe do siebie i leżą w jednéj płasczyźnie, przechodzącéj przez promień. Czy jednak drgania te odbywają się w płaszczyźnie odbicia, która jest t. zw. płasczyzną polaryzacyjną, czy prostopadle do niéj, tego prostem użyciem polariskopu rozstrzygnąć nie można. Owóż, gdyby było prawdziwém przypuszczenie Fresnela, że mniejsza prędkość światła jest skutkiem większéj gęstości eteru, natenczas wynikałoby z teoryi, że drgania owe są prostopadłe do

płaszczyzny odbicia, czyli polaryzacyi; natomiast przypuszczenie Mac Cullagha i Neumanna prowadzi do przeciwnego wniosku. Aby rozstrzygnąć spór pomiędzy temi teoryami, usiłowano wynaleźć sposób doświadczalny, któryby wykazał, czy drgania w świetle spolaryzowanem odbywają się prostopadle do płaszczyzny polaryzacyjnéj, czy równolegle do niéj. Pierwszą próbę tego rodzaju zawdzięczamy Stokesowi, który usiłował to pytanie rozstrzygnąć za pomocą zjawisk dyfrakcyjnych w świetle spolaryzowaném. Bardziéj przekonywającą jest następująca metoda, również przez Stokesa wskazana, a rozwinięta przez Rayleigha. Światło stanowiące błękit nieba jest jak wiadomo spolaryzowaném. Patrząc na niebo błękitne w kierunku prostopadłym do promieni słonecznych, przekonamy się używając np. pryzmatu Nicola, że płaszczyzną polaryzacyi jest płaszczyzna przechodząca przez słońce. Otóż według Stokesa, Tyndalla i innych zawdzięcza błękit nieba swe istnienie drugorzędnym falom w eterze, które wtenczas się tworzą, gdy promienie słoneczne spotykają w powietrzu nader drobne cząstki mgły, pyłu, lub zresztą jakichbądź ciał. W podobny sposób tworzą się fale drugorzędne, gdy szereg fal na rzece spotyka np. filar mostowy albo jaką inną przeszkodę. Tłumaczenie to poparł Tyndall szeregiem świetnych doświadczeń nad sztucznym błękitem niebieskim, które są opisane w znanéj książce jego o cieple. Pamiętajmy jednak, że drgania w promieniach słonecznych są poprzeczne t. zn. prostopadłe do promieni; przeto nie mogą one wzbudzać fal drugorzędnych, drgających równolegle do promieni słonecznych. Z tego wynika, że drgania w świetle stanowiącém błękit nieba muszą się odbywać w kierunku prostopadłym do płaszczyzny przechodzącéj przez słońce, a zatém muszą być prostopadłe do płaszczyzny, która, jak doświadczenie okazuje jest płaszczyzną polaryzacyjną.

Fakt ten zdaje się rozstrzygać kwestyę stanowczo na korzyść hipotezy Fresnela; należy nam tedy przyjąć, że zjawiska odbicia i załamania światła w szkle, we wodzie i t. d. nie polegają na mniejszéj sprężystości eteru w tych ciałach, jak to utrzymywał Neumann. Do tego samego wniosku przyszedł już dawniéj Nörremberg, drogą doświadczalną, nie zupełnie wolną od zarzutów, opierając się na pewnych objawach dichroizmu, (dwubarwności) w kryształach. O wiele lepszym jest dowód

doświadczalny podany w ostatnich latach przez Lommela, oparty na dwubarwnéj fluorescencyi kryształów czerwonego cyanku magnowo platynowego w świetle spolaryzowaném, a stwierdzający również hipotezę Fresnela.

Pozostaje mi jeszcze jedna strona teoryi światła, wielce znamienna dla nowszych badań optycznych, a mianowicie kwestya rozszczepienia, czyli dyspersyi światła i jéj związek z absorbcyą. Głos rozchodzi się w powietrzu z prędkością oznaczoną i niezależną od wysokości tonu, czyli od długości fali. Dowodem tego, że dźwięki różnych instrumentów w orkiestrze, lub głosów w chórze, dochodzą do uszu bez zamętu, a zatém jednocześnie. Taką samą niezależność prędkości fal od częstości drgań spotykamy w ciałach jednolitych przy wszelkich ruchach falowych, zależnych od sił sprężystych. Inaczéj ma się rzecz ze światłem w ciałach przeźroczystych. We wodzie np. biegnie światło czerwone, mające dłuższe fale i powolniejsze drgania z prędkością 225400 kilom. na sek., podczas gdy prędkość we wodzie światła fiołkowego, o krótszych falach, jest mniejszą od tamtéj o 2200 kilom. na sek. Różnica wynosi wprawdzie dla tych krańcowych barw widma widzialnego tylko jeden procent, wszelako skutki wynikające z téj różnicy są bardzo doniosłe. Ona jest powodem zabarwienia tęczy i na niéj opierają się wszelkie zastósowania spektroskopu i analizy widmowéj. Skoro bowiem różna prędkość światła, w różnych ciałach, jest w ogóle powodem załamania tegoż, natenczas promienie różnéj barwy, mające różne prędkości, muszą widocznie rozmaicie się załamywać, a to sprawia t. zw. dyspersyę, czyli rozszczepienie światła białego na składniki zabarwione.

Teorya sprężysta, oparta na przypuszczeniu, że eter we wnętrzu przewodników przeźroczystych zachowuje się jak jednolite ciało stałe, nie jest zdolną, jak dopiero co wspomniałem, wytłumaczyć różnic prędkości dla różnych barw, tudzież wynikającego ztąd rozszczepienia światła. W przestrzeni próżnéj, a raczéj w czystym eterze, nie ma wcale dyspersyi; białe światło gwiazd zmiennéj jasności albo na nowo powstających, nie okazuje nigdy zabarwienia, co dowodzi, że wszystkie jego barwne składniki przebiegają z jednakową prędkością przestrzenie międzygwiazdowe. W tym wypadku przypuszczenie jednolitego eteru, mającego własności ciała stałego byłoby zupełnie wystar-

czającém. Dyspersyę dostrzegamy jedynie w zwykłéj materyi przeźroczystéj, np. we wodzie, w szkle i t. p. Stąd zbudził się zawczasu domysł, że cząstki ciał przewodzących światło, wywierają pewnego rodzaju wpływ na fale eteru, w sposób rozmaity dla fal różnéj długości.

Na téj zasadzie podał Cauchy pierwszą teoryę dyspersyi, któréj myśl przewodnia jest następująca. Ponieważ według zapatrywań atomistycznych ciała na pozór jednolite jak np. woda albo szkło posiadają w rzeczywistości budowę molekularną, t. zn. są jakoby niesłychanie drobno-ziarniste, przeto ruch fal świetlanych w eterze przenikającym takie ciała odbywać się musi inaczéj aniżeli w eterze czystym; przedewszystkiém będzie stosunek długości fal świetlanych, do wzajemnych odległości cząstek ciała, różnym dla różnych barw, wskutek czego fale niejednakowéj długości, mogą mieć różne prędkości ruchu. Myśl ta, rozwinięta matematycznie wydała w istocie teoryę dyspersyi która zgadzała się dostatecznie z ówczesnemi, nie dość obszernemi doświadczeniami. Jednakowoż, w miarę tego jak się powiększała liczba faktycznych wiadomości o własnościach optycznych ciał, pojawiły się słabe strony téj teoryi, które znacznie osłabiły wiarę w jéj prawdziwość. Thomson zwraca uwagę, że według teoryi Cauchyego powinnibyśmy przyjąć, że na długości jednéj fali świetlanéj znajduje się zaledwie kilka, albo kilkanaście molekuł ciała przeźroczystego; tymczasém przekonano się rozmaitymi niezależnymi sposobami, że rozmiary molekularnéj ziarnistości ciał dosięgają najwyżéj jednego mikromilimetra, że w skutek tego na jednéj fali świetlanéj mieści się w rzeczywistości co najmniéj kilkaset drobin fizycznych. Fizyka molekularna sprzeciwia się tedy teoryi Cauchyego; nie potwierdzają jéj również bezpośrednie pomiary dyspersyi, obejmujące obszerny zakres promieni, wykonywane w ciągu ostatnich lat, zwłaszcza przez Langleya, a dosięgające promieni ciemnych we widmie, mających nieznaną dawniéj długość fal $\frac{1}{100}$ milimetra.

Najciekawszém atoli zjawiskiem, które dało bezpośredni impuls do szukania nowych dróg w teoryi rozszczepienia, jest t. zw. anomalna dyspersya — nieprawidłowe, a raczéj niezwykłe rozszczepienie światła. Do niedawna mniemano powszechnie, że porządek barw we widmie utworzonem przez jakikolwiek

pryzmat rozszczepiający, jest zawsze jeden i ten sam, a mianowicie, że następują one po sobie szeregiem barw tęczowych, znanym od czasów Newtona, uporządkowanym według długości fali.

W roku 1870. dostrzegł atoli Christiansen, badając widmo pryzmatyczne utworzone przez rozczyn fuchsyny, że zwyczajny porządek barw jest w tém ciele zmieniony, a mianowicie, że barwa fiołkowa bywa mniéj załamywaną niż czerwona. Dalsze badania okazały, że liczba ciał objawiających podobną anomalię w sposobie załamywania światła, jest bardzo znaczną, tudzież że anomalna dyspersya idzie zawsze w parze ze zdolnością silnego pochłaniania niektórych barw widmowych, a w skutek tego zdarza się niemal u wszystkich silnych barwników. Odkrycie to było dla teoryi światła nadzwyczaj doniosłem, dało bowiem wyraźną wskazówkę, w czém należy szukać przyczyn dyspersyi. Skoro bowiem silna absorbcya niektórych barw zdarza się zawsze razem z anomalną dyspersyą, natenczas można się domyślać, że dyspersya w ogólności, tudzież wszelkie jéj nierówności w różnych ciałach, muszą być w ścisłym związku ze zdolnością pochłaniania różnych barw.

Na czém jednakże polega absorbcya? Dlaczego rozczyn fuchsyny pochłania z barw widmowych tylko zieloną, a nie inne, albo para sodowa wybiera wśród nieskończoności barw zawartych w świetle białem tylko pewne ściśle określone promienie, o pewnéj oznaczonéj częstości drgań? Dynamiczne wytłumaczenie tych zjawisk, oparte na analogii z resonancyą akustyczną, podał Stokes już około roku 1850., zanim jeszcze Kirchhoff położył ścisłe podwaliny analizy spektralnéj. Ciała takie jak para sodowa, albo rozczyn fuchsyny pochłaniają promienie o pewnéj oznaczonéj częstości drgań, albowiem składają się z cząstek, które na mocy szczególnéj swojéj budowy są dostrojone do drgań w tymże samym okresie, który znamionuje te właśnie absorbowane promienie; w istocie, ciała takie, jeżeli mogą być tak rozgrzane aby samoistnie świeciły, wydają światło o téj saméj częstości drgań, jakie w tymże stanie same pochłaniają. Tłumaczenie to stało się bardzo popularném, jednakowoż stósowano je tylko do zjawisk absorbcyi i uważano absorbcyę jako przenoszenie się ruchu fal na cząstki materyalne, pod postacią ciepła. Jeżeli wszelako przypuścimy, że fale świe-

tlane mogą przenosić ruch na cząstki ciała, wtenczas gdy istnieje absorbcya, to niepodobna uchylić się od wniosku, że także w ciałach przeźroczystych, łamiących i rozszczepiających światło, cząstki materyalne muszą brać w ruchu eteru mniejszy lub większy udział, zależnie od stosunku jaki zachodzi pomiędzy częstością drgań światła, a okresem własnych drgań tych cząstek. Na miejsce poglądu Cauchyego, który szukał wpływu ciał na światło w stosunku długości fal do rozmiarów molekularnéj budowy, mamy tu stosunek dwu czasów, czyli okresów — zewnętrznego w świetle i wewnętrznego w ciele przewodzącém światło.

Myśl podobna pojawiła się po raz pierwszy w r. 1867. w teoryi Boussinesq'a, wszelako dopiero w r. 1872. zrozumiał Sellmeier wielką jéj doniosłość dla teoryi światła i rozwinął ją w obszernéj rozprawie traktującéj „o udziale cząstek materyalnych w drganiach eteru tudzież o wytłumaczeniu rozszczepienia i jego anomalii". Ogłoszenie téj pracy stanowi w nauce o świetle ważną epokę; od owego czasu zyskała nowa teorya wielu zwolenników, z których wymienię Helmholtza, Thomsona, Kettelera i Lommela, jako tych, którzy biorą najczynniejszy udział w jéj rozwinięciu.

Obaczmy tedy, jakim sposobem udział cząstek materyalnych w ruchu eteru tłumaczy optyczne własności ciał. Eter przenikający przestwory między drobinowe nie jest wedle téj teoryi ani gęstszym ani rzadszym, aniżeli eter swobodny; nie różni się téż od niego sprężystością. Ponieważ jednak w ruchu falowym biorą udział molekuły ciała, albo przynajmniéj części tych molekuł, przeto całkowita masa poruszająca się jest we wnętrzu ciał przeźroczystych większą aniżeli w eterze swobodnym; skutek jest zatém taki, jak gdyby gęstość eteru była większą i otrzymujemy mniejszą prędkość fal, aniżeli w eterze swobodnym, tudzież załamanie światła, zgodnie z zapatrywaniem Fresnela. Wielkość tego załamania nie jest dla wszystkich barw jednakową, ona zależy bowiem od stosunku okresu drgań światła, do okresów właściwych molekułom; ponieważ stosunek ten jest dla różnych barw rozmaity, przeto nie trudno zrozumieć możliwości rozszczepienia. Załamanie tych promieni, które drgają prawie zgodnie z molekułami ulega największéj zmianie i jest powodem dyspersyi anomalnéj. Nakoniec w przypadku zupełnéj równości

okresów drgań światła i molekuł, ruch optyczny przenosi się całkowicie na molekuły i zamienia się na ciepło t. j. na nieuporządkowany wewnętrzny ruch molekularny; światło ulega wówczas absorbcyi.

Pod względem mechanizmu łączącego eter z molekułami nie wytworzyły się dotąd stałe zapatrywania; wszelako większość autorów sądzi, że połączenie to jest sprężystém t. zn. że przemieszczenie molekuł albo ich części względem sąsiednich cząstek eteru wywołuje siły sprężyste, usiłujące wyrównać takie zwichnięcie równowagi. Molekuły ciał należy sobie przytém przedstawiać jako samoistne zbiory atomowe, które na mocy sił międzyatomowych, utrzymujących ich związek, posiadają zdolność drgania w jednym albo w kilku okresach, znamiennych dla każdego ciała i zależnych od jego budowy chemicznéj i fizycznéj. Zapatrywanie to czyni optyczne własności ciał zależnemi głównie od budowy ich molekuł; sposób połączenia tychże przychodzi dopiero na drugiém miejscu — za czém zdają się przemawiać niektóre fakta doświadczalne. Na wzmiankę zasługuje łatwość, z jaką taż sama molekularna teorya światła tłumaczy zjawiska fosforescencyi i fluorescencyi. Wszelkie wstrząśnienia udzielone drobinom, bądź to przez fale świetlane, bądź przez uderzenia wewnętrzne towarzyszące działaniom chemicznym, bądź przez elektryczne efluwium, wprawiają je w drgania, które udzielają się otaczającemu eterowi i mogą sprawić samoistne świecenie ciała.

Uwzględniając powodzenie, z jakiém ta młoda i nie dość jeszcze udoskonalona teorya objaśnia, na podstawie jednolitych założeń, długi szereg zasadniczych zjawisk optycznych, musimy przyznać, że klucz do zbadania optycznych własności ciał został prawdopodobnie znaleziony. Jeżeli te pierwsze próby okażą się w przyszłości zdolnemi do życia, to światło stanie się jednym z najdzielniejszych środków przy badaniu wewnętrznego ustroju materyi.

To są celniejsze poglądy w nowszym rozwoju teoryi światła, na które pragnąłem zwrócić dziś uwagę.

